

彩色印刷套印色标的光电检测

冯晓强^{1,2} 侯 洵^{1,3} 杨文正^{1,2} 杨 青¹ 陈 烽¹
(1 中国科学院西安光学精密机械研究所,瞬态光学技术国家重点实验室,西安 710068)
(2 中国科学院研究生院,北京 100039)
(3 西安交通大学电子科学与技术系,西安 710049)

摘 要 分析了彩色套印误差的检测原理,提出了一种消除光电探测器光谱响应不均匀和彩色印刷系统走纸速度不稳定所引起的检测误差的方法.根据此方法设计了一套高精度色标检测系统,该系统以色标脉冲中心位置延迟一定时间之后的时刻作为色标到来时间的标志,提高了套印色标位置误差的检测精度.
关键词 彩色印刷;套印;色标;光谱响应
中图分类号 TP21 **文献标识码** A

0 引言

现代科学技术的发展使彩色印刷技术有了很大的提高,激光排照、电子分色、高速多色 PS 版胶印等彩色印刷技术得到了采用,印刷设备从排版、制版、印刷、装订都采用了计算机控制技术,印刷速度快,精度高,印刷质量也越来越高.彩色套印工业中,套色误差是评价印刷质量的重要因素^[1],它会改变印刷图象的亮度、色度和清晰度,从而严重影响印刷质量.目前,民用印刷品在我国有很大的市场需求,研制高精度彩色套印检测系统有一定的应用前景.对于民用印刷品,要求能在 20~250 m/min 的印刷速度下,达到纵向 0.08 mm 的检测精度和 0.25~0.30 mm 的控制精度.

1 色标检测原理

工业彩色印刷多为四色或六色套印.印刷过程中,首先将彩色原稿经分色处理成四张或六张单色底片,再用底片晒制成印版,最后把印版按照一定的次序装在彩色印刷机上.当印刷物料先后经过印版时,相应的单色图像也就印在物料上,几种不同颜色的单幅图象合成为一幅完整的彩色图像.此过程中,如果套色位置不准,就会严重影响层次与色彩的再现,尤其当有好几种颜色发生较大的套色误差时,图象会比较模糊,从而降低图象的分辨力.所以为了得到比较理想的彩色图像,必须保证不同颜色的单色图像准确地重合在一起.所以在印刷过程中,必须要有伺服电机位置闭环自动套印控制系统以实时纠正套色偏差^[2].

在一幅彩色图像中,每一种单色图像的各个位

置的套色误差都是一个确定值,即单色图象之间是简单的平移关系.如果在印刷每一种单色图像时,在某个位置印一个长度和宽度都一定的标记,那么此标记的位置就表示了该单色图的套印位置,这就是色标.实际用的不同颜色色标之间相距 20 mm,如果印刷出来不是 20 mm,就表明有了套印误差.透明材料上的色标和彩色图像如图 1 所示.一幅套印准确的图像,两个相邻色标之间的距离应该是 20 mm.光电头的作用是将套印误差转换为电信号,利用此套印误差信号去控制彩色印刷机相应的印版辊位置,从而通过套印误差反馈调整单色图像的相对位置,达到校正套印误差的目的.

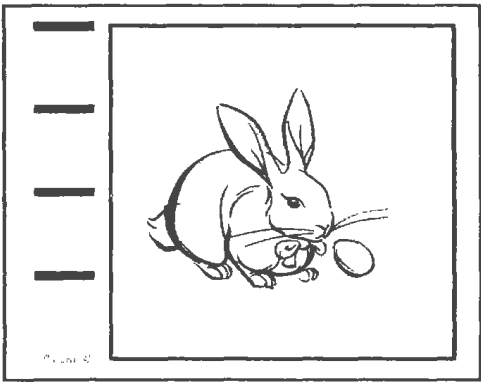


图 1 彩色图片和色标
Fig. 1 Colorful picture and color mark

通常,对于两幅相邻印刷的彩色图案,第一幅图案最后一次着色的色标与第二幅图案第一次着色的色标间的距离比同一幅图案里相邻两色标间的距离大得多,而在同一幅图案中色标间距离基本上是 20 mm.因此可以用两色标间距离来判别出每一幅图案的第一个色标,并将其作为检测下一个色标的基准位置和检测每一幅图案色标的同步信号,这样,当印刷过程中出现异常,检测系统得不到正常的色标时序时能自动复位,从每一幅图案的第一色标处

开始测量,并向系统发出同步信号.

彩色印刷过程中,可以通过单光电头来检测色标^[2],也可以通过位置固定的双头光电检测装置,探测两个相邻色标到达光电头的时间差来确定套印误差^[3].单光电头只有一套光电探测系统,工作时,印刷物料上的各色色标依次经过光电头,只要测到相邻两个色标到来的时间差,再结合印刷机走纸速度就可以得到这两个色标之间的距离,同时也可以根据此距离识别出每幅图案的第一色标信号作为色标检测的同步信号.单光电头结构简单,通用性强,但是它属于间接测量装置,在工作过程中需结合印刷机走纸速度,通过测定时间计算出套印误差,这样,当走纸速度稍有波动或者变化时会引起较大的检测误差.双光电头包括两套相距 20 mm 的完全相同的光学系统以及光电转换、信号处理电路,是一种直接测量误差的装置,不论走纸速度的大小以及走纸速度是否有波动,对于套印准确的彩色图案,其相邻色标同时到达这两路光电探测系统,而对于套印不准确的图案,相邻色标会先后通过两路光电探测系统,从而检测出套印误差.同时,双光电头可以根据判断是否有两个色标都在两套光学系统之内而得到色标检测的同步信号.双光电头检测精度高,工作稳定性好,受环境影响小,而且有效地解决了走纸速度不均匀所带来的检测误差.

双头透射式光电头原理如图 2 所示.图中,光电转换一般采用光电二极管,但是光电二极管光谱响应不均匀,峰值响应波长大约在 900 nm 处,在可见光波段内,随波长的增加响应也越大,这样,不同颜色的色标经过光电头聚焦点时,光电头得到的钟形电脉冲宽度和高度就不相同.图 3 是光电二极管的光谱响应曲线.如果直接用经过电压比较器整形之后的此脉冲到来时间作为色标的到来时间,就会产生比较大的误差.图 4 是蓝色色标和红色色标经过光电头时,光电头得到的钟形电脉冲和经过电压比较器整形之后的电脉冲.可以看出,这样处理之后,不管电压比较器的翻转阈值选得高或低,都不能

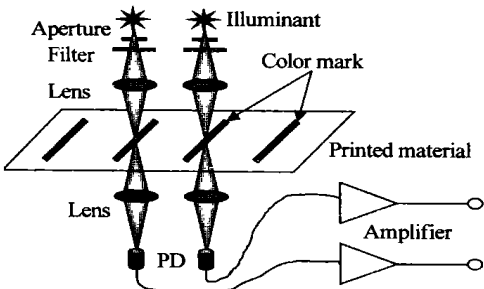


图 2 色标检测的双光学系统
Fig-2 Dual optic system of color mark detection

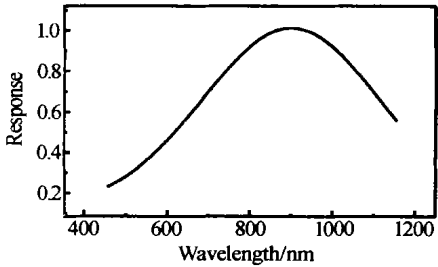


图 3 光电二极管的光谱响应
Fig-3 Spectrum response of photoelectrical diode

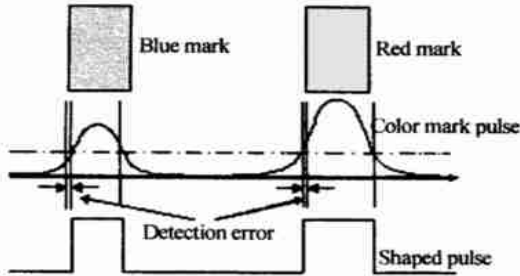


图 4 光谱响应导致的检测误差
Fig-4 Detection deviation caused by spectrum response of photoelectrical diode

同时满足不同颜色色标的检测,对于蓝色色标,得到的色标信号迟滞于实际的色标信号;而对于红色色标,得到的色标信号早于实际的色标信号.由于色标的颜色深浅程度不尽相同,也会造成类似的检测误差.

为了消除这种光电二极管光谱响应带来的误差,就需要对此信号做进一步的处理.工业印刷出来的色标,其单色均匀性可以得到保证,这样,虽然光电头对不同颜色色标响应不一样,但是对于每一个色标,得到的钟形信号都是左右对称的.如果用每一个色标脉冲中间位置到来时间作为色标到来时间,那么不管钟形脉冲高低宽窄,都能很准确地代表色标到来时间,避免了由于光电二极管光谱响应所带来的误差.采用此以色标脉冲中心时刻作为色标到来时刻的方法,设计精密彩色印刷机色标检测系统,就需要设计脉冲中心时刻检测电路,以得到色标到来的准确时间.

如图 5 所示,假设在 $t_0=0$ 时刻,色标信号到达,在 t_1 时刻消失,那么在色标信号两边对称的情况下,其中心位置就是 t_0 和 t_1 的中间位置 $t=(t_0+t_1)/2$.如果相对于每一个色标的中心位置,延迟一段固定时间段 Δt 之后的 t' 时刻输出一个方波,那么该方波就代表了延迟之后的色标中心位置.这样,如果采用一个计数器,使其在 Δt 时间内,以一个固定的时钟频率 f 计数,对于每一个色标,只要设定计数数值相等,即设定 n 为常数,那么输入色标脉冲的中心位置就和输出的方波出现的时间差为常数,即

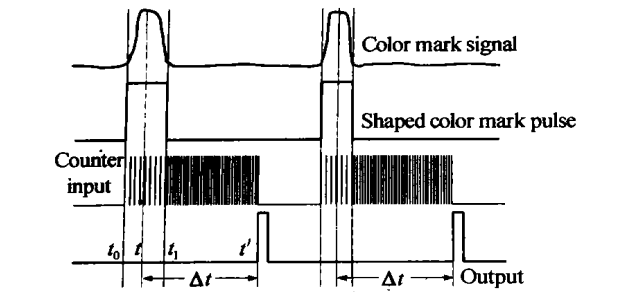


图 5 色标检测系统脉冲时序

Fig.5 Timing clock of color mark detecting system

每个色标的延迟时间相同,计数结束时输出的方波就能表示色标的中心位置出现的时刻.当时钟频率为 f 时,计数器计数结束时的计数数值 n 为

$$n = t'f - t_1f = t'f - \frac{1}{2}t_1f = t_1f + (t' - t_1)f - t_1f/2 = t_1f/2 + (t' - t_1)f$$

式中第一项表示在 0 到 t_1 时间段内,以时钟频率的 1/2 计数,这可以用 1/2 分频器来实现;第二项表示在 t_1 至 t' 时间段内,以时钟频率继续计数.即可以这样得到 Δt 时间之后的色标中心位置到来时间;复位后的计数器在色标脉冲到来时,开始以 2 分频后的时钟频率计数,色标信号结束后,以时钟频率继续计数,直到计数至一个设定的常数时,输出一个方波作为延迟后的色标信号,同时计数器复位准备处理下一个色标脉冲.

2 色标检测系统

整个系统采用两路相距 2 mm 的光学系统以及两路完全相同的信号处理电路,可以直接测量套印误差.透射色标的白光经过光学系统,汇聚于光电二极管的光敏面上,被转化为电脉冲,此电脉冲被数字信号处理电路处理,得到相对于色标脉冲中心位置到来时间的延迟一固定时间段的脉冲.

光学系统如图 6 所示,照明光源采用白光 LED,其光谱在可见光范围内.白光经光阑和自聚焦透镜后汇聚于一点,而色标正好从这点经过.透过色标的光再经透镜汇聚于光电二极管的光敏面上.信号处理电路的作用是得到延迟的色标信号,其原理如图 7 所示.其中,分频器在有色标信号时,输出时钟 2 分频之后计数脉冲,在没有色标信号时,输出时钟频率作为计数脉冲.计数器在计数脉冲的作用下,计数到一设定值触发单稳电路,单稳电路输出一个宽度和幅度一定的脉冲作为处理之后的色标信号以及电路各部分的复位信号,以备处理下一个色标脉冲.这样,对于一个输入的色标脉冲信号,会有一个幅值和宽度都一定的脉冲信号,此脉冲信号与输入的色标脉冲信号的中心位置相关,它产生于输入脉冲信号中心位置时间之后一固定时间,能准确地反映色标位置.

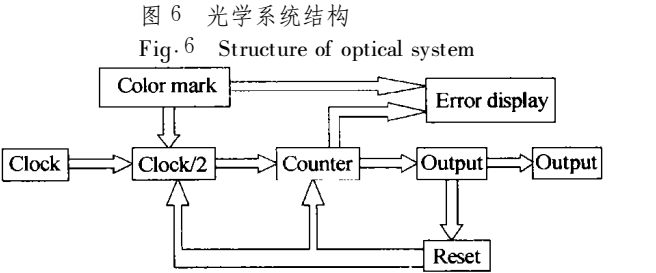
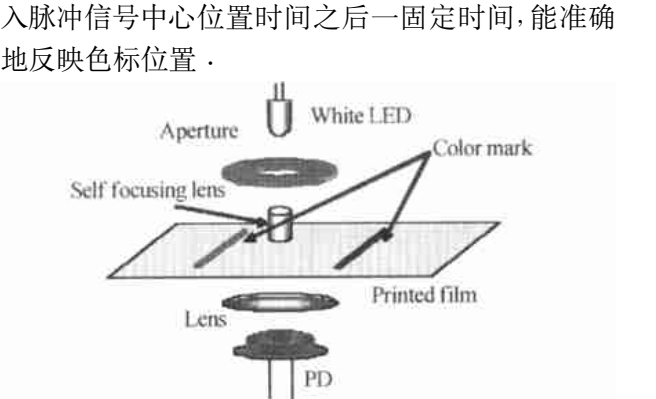


图 6 光学系统结构

图 7 色标脉冲的数字处理

Fig.6 Structure of optical system

Fig.7 Digital processing of color mark pulse

由于信号处理电路输出的是延迟的信号,延迟时间设置得过短或者过长都可能出错,延迟时间太长时,第一个色标启动计数器后,计数器还未计数到设定值,下一个色标信号已到;延迟时间太短时,计数器启动之后,色标信号还没有结束而计数器已经计数到设定值.这两种情况下,单稳电路输出的方波已不能与原始色标信号的中心位置相关,因而必须给出出错信息,于是增加了出错显示电路.

3 结果

对于一段工业印刷出来的 6 色色标,经扫描仪得到的照片如图 8 所示.该图为 2233×373 像素,可以测得 6 个色标的坐标以及两个色标之间的间距如表 1 所示.



图 8 被检测的色标

表 1 实验结果

Fig.8 Detected color mark

色标	黑	棕	蓝	红	黄	白
位置/pix	136	533	921	1321	1714	2117
相对坐标/pix	0	397	785	1185	1578	1981
相对位置/mm	0	20.040	39.626	59.818	79.657	100.00
色标间距/mm		20.040	19.586	20.192	19.839	20.343
套印误差/mm		0.040	-0.414	0.192	-0.161	0.343
测定位置						
时间误差/ μs		10	-107	52	-47	73
位置误差/mm		0.040	-0.424	0.206	-0.186	0.290
测定误差/mm		0.055	-0.409	0.221	-0.171	0.305

表中测定位置是模拟印刷走纸系统以 238 m/min 的速度下所测,信号处理系统延迟时间设

在 2.048 ms, 时钟频率为 2.000 MHz, 被测的彩印纸上第一条和第六条色标之间间距是准确的 10 cm. 由于光电头两套光学系统之间不是严格的 2 mm, 于是导致了测定的 5 个色标位置误差的代数和不是 0, 但是可以根据其代数和计算出光电头两套光学系统之间的距离为 20.015 mm, 表中的测定误差是除掉光学系统之间距离误差之后的数据. 对比测定误差和套印误差, 可以看出, 它们之间的最大误差为 0.04 mm, 完全满足对于一般彩色印刷品套印误差的检测. 实际上, 用扫描仪扫描之后的色标图像, 每个像素代表了 0.05 mm 的距离, 采用像素测定色标间距的方法已经带来了最大 0.05 mm 的误差. 理论上, 该系统在 200 m/min 的走纸速度下检测误差在 0.02 mm 以内.

色标的检测是个多光谱带的检测, 为了减小由于照明光源光谱的不均匀、光电探测器对不同波长的光的响应差异以及印刷机走纸速度不均匀所带来的测量误差, 采用双路光学系统以及信号处理电路, 经过对色标信号处理, 得到了延迟设定时间后的色

标中心位置到来时间, 并以此作为检测套印误差的依据, 取得了较高的检测精度.

参考文献

- 1 钱军浩. 多色卷筒印刷套准精度及自动控制系统. 无锡轻工大学学报, 2000, **19**(4): 389~392
Qian J H. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 2000, **19**(4): 389~392
- 2 何静, 张昌凡. 自动套印控制系统的设计. 包装工程, 2002, **23**(3): 31~32
He J, Zhang C F. *Packaging Engineering*, 2002, **23**(3): 31~32
- 3 赵亮方, 严娟娟, 赵信. 塑料印刷机自动套印装置单光电头方案的实现. 三峡大学学报(自然科学版), 2002, **24**(3): 239~241
Zhao L F, Yan J J, Zhao X. *Journal of Three Gorges University(Natural Science)*, 2002, **24**(3): 239~241
- 4 陈烽, 陈良益, 胡晓东, 等. 彩色套印色标光电扫描式探测系统的研制. 光子学报, 1997, **26**(5): 471~474
Chen F, Chen L Y, Hu X D, et al. *Acta Photonica Sinica*, 1997, **26**(5): 471~474

Photoelectric Detection of Overprint Deviation in Color Printing

Feng Xiaoqiang^{1,2}, Hou Xun^{1,3}, Yang Wenzheng^{1,2}, Yang Qing¹, Chen Feng¹
¹ State Key Lab of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics, Chinese Academy of Sinences, Xi'an 710068
² Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039
³ Department of Electronic Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049

Received date: 2002- 12- 20

Abstract The principle of detecting overprinting deviation is analyzed and a method to avoid the overprinting detection error caused by the spectrum response of the photoelectrical detector is discussed. Based on this method, a precision color mark detecting device is designed, which can obtain the constant time delayed pulse of the centre of each color mark pulse. The delayed pulse is exactly correlative to the color mark and a high measurement precision can be reached with this designed device.

Keywords Color printing; Overprint; Color mark; Spectrum response



Feng Xiaoqiang was born in 1974. He received the B.S. degree in 1998 from department of physics and M.S. degree in 2000 from Institute of Photonics & Photon Technology, Northwest University respectively. In September 2000, he began to work toward the Ph. D. in State Key Laboratory of Transient Optics, Xi'an Institute of Optical and Precision Mechanics, CAS and engaged in the research of optical information processing and high density optical information storage with near field optic technology.